

В настоящей статье представлены результаты исследования датчиков рН и УЭП, которые показали, что датчики работают корректно. В последующем планируется провести аналогичные исследования для остальных датчиков. Далее система непрерывного контроля качества очистки будет отлажена и запущена в работу на промышленном образце комплекса очистки промышленных и хозяйственных стоков.

**Список использованных источников:**

1. ВОЗ. Деградация экосистем угрожает здоровью людей. Электронный ресурс. URL: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2005/pr67/ru/> (Дата обращения 21.03.2015г.)
2. Методы очистки сточных вод. Электронный ресурс. URL: <http://voda96.com/методы-очистки-сточных-вод.html> (Дата обращения 21.03.2015г.)
3. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Электронный ресурс. URL: <http://fish.gov.ru/lawbase/Documents/Изданные/100020a.pdf> (Дата обращения 21.03.2015г.)
4. Очистка сточных вод. Электронный ресурс. URL: <http://aquantum-eco.ru/index.php/tekhnologii.html> (Дата обращения 21.03.2015г.)
5. Хуснулина А. Л. Выбор показателей для проверки эффективности очистки хозяйственно-бытовых сточных вод // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов V Всероссийской конференции студентов элитного технического образования, Томск, 25-27 Марта 2014. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014 – С. 36-38.
6. Экрос-Инжиниринг. Электронный ресурс. URL: <http://ingecros.ru/> (Дата обращения 27.03.2015г.)
7. Экоинструмент. Электронный ресурс. URL: <http://www.ecoinstrument.ru/> (Дата обращения 27.03.2015г.)

**Рентгеновские досмотровые комплексы с функцией идентификации веществ объектов контроля и их фрагментов методом дуальных энергий**

Абашкин А.Д., Жантамбаев А.А.  
anthony.abashkin@gmail.com, drlivesey1305@gmail.com

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Осипов С.П., НИ ТПУ*

Для эффективного проведения мероприятий в области безопасности в наши дни эффективно используются рентгеновские досмотровые комплексы, представляющие собой системы цифровой радиографии. Рентгеновские досмотровые комплексы применяются для решения широкого круга задач [1]: поиска и обнаружения взрывчатых веществ и взрывных устройств, досмотра багажа и ручной клади в аэропортах и на таможенных пунктах пропуска, досмотр транспортных средств в целях обнаружения предметов, запрещенных к перевозке, и т. д.

По физическому принципу получения информации о характеристиках исследуемого объекта радиометрический контроль может быть разделен на два принципиально разных направления [2]: измерение параметров прошедшего сквозь

объект рентгеновского или гамма-излучения и измерение параметров рентгеновского или гамма-излучения, рассеянного в объекте.

Комплексы цифровой радиографии, работающие на основе регистрации трансмиссионного (прошедшего) излучения, имеют некоторые существенные недостатки. К основным недостаткам можно отнести обязательный двусторонний доступ к объекту контроля, значительные габариты комплекса. Данный метод имеет также дополнительные ограничения, обусловленные необходимостью соблюдения норм радиационной безопасности, особенно если в качестве объекта контроля выступает человек, поскольку метод дает существенную дозовую радиационную нагрузку на объект [3]. Низкий КПД оптического тракта ограничивает динамический диапазон (количество градаций серого на получаемом изображении) и требует увеличения экспозиционной дозы, что нежелательно для большинства биологических объектов [1]. Для решения данных проблем можно использовать плоские панели детектирования, с нанесенным на них сцинтиллятором (веществом, обладающим способностью излучать свет при поглощении ионизирующего излучения [4]). Данное решение позволяет, в ряде случаев, уменьшить габариты радиографического комплекса, получить изображение более высокого качества, а также снизить радиационную нагрузку на объект контроля. К положительным свойствам комплексов цифровой радиографии следует отнести высокую чувствительность и высокую производительность.

Для рентгеновского контроля с односторонним доступом к объекту исследований необходимы детектирующие устройства, работа которых основана на измерении параметров рассеянного излучения. Другим достоинством данного метода является возможность создания установок для персонального досмотра, которые будут иметь малый фон излучения. Недостатками анализируемого метода являются низкая чувствительность и низкая производительность.

Одной из самых важных задач, которые стоят перед таможенными службами и другими службами обеспечения безопасности, является идентификация вещества, из которого состоит объект контроля или его фрагменты [5]. Под идентификацией понимается определение принадлежности материала, из которого изготовлен объект, к одной из четырех групп: органические вещества, металлы с малым значением эффективного атомного номера, металлы со средним значением эффективного атомного номера и металлы с высоким значением эффективного атомного номера. Для решения данной задачи применяют двухэнергетическую реализацию цифровой теневой радиографии [6], которая называется методом дуальных энергий. Метод основан на алгоритмическом разделении вклада различных физических процессов взаимодействий рентгеновского излучения с веществом в теневые цифровые изображения, полученные для двух максимальных энергий рентгеновского излучения [7]. При работе методом дуальных энергий по результатам обработки первичных радиометрических сигналов получают два теневых цифровых радиографических изображения. Первое из них несёт в себе информацию о плотности и толщине вещества объекта контроля, а во втором также заключена информация и об эффективном атомном номере вещества объекта [8]. Близость эффективного атомного номера вещества объекта контроля или характеристики, связанной с ним, с эффективным атомным номером или характеристикой эталона является основным критерием, по которому вещество объекта контроля соотносится с одним из классов веществ из четырех классов. В задаче идентификации веществ крупногабаритных объектов методом дуальных энергий применяются источники

высокоэнергетического рентгеновского излучения. В качестве источников высокоэнергетического рентгеновского излучения используются линейные ускорители электронов и бетатроны с максимальной энергией в энергетическом спектре излучения в диапазоне от 1 до 10 МэВ [9]. Качество идентификации веществ объекта контроля методом дуальных энергий зависит от величин смещений соответствующих идентификационных параметров [10], которые обусловлены влиянием ряда технических и физических факторов на первоначальные радиографические изображения.

При вариации химического состава вещества объекта контроля, приводящей к изменению эффективного атомного номера, имеет место существенная ошибка оценки плотности вещества исследуемого объекта [11]. Если для жидких объектов, однородных по плотности, метод дуальных энергий позволяет получить ее несмещенные оценки, то для объектов с вариациями плотности вдоль вектора распространения излучения данный способ может привести к значительной по величине систематической погрешности [2].

В настоящее время метод дуальных энергий с высокоэнергетическими источниками рентгеновского излучения очень распространен на таможенных различных стран для обнаружения нелегальных грузов (контрабанды). Это доказывает актуальность развития вопросов, связанных с инспекционными досмотровыми комплексами, на более высоком уровне. В литературе на данный момент не в полной мере исследованы возможности контроля методом дуальных энергий различных объектов. Например, методы нахождения плотности многокомпонентных объектов требуют более подробных исследований, внедрение результатов которых в практику таможенного и досмотрового контроля позволит повысить точность измерения плотности.

#### **Список литературы:**

1. Блохин Е.О., Паршин И.А., Шурушкин А.В., Буклей А.А., Артемьев Б.В., Федоровский Е.В. Рентгеновские комплексы на основе регистрации трансмиссионного и обратно рассеянного излучения // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 12. – С. 4–8.
2. Артемьев Б.В., Буклей А.А. Радиационный контроль. – М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 192 с.
3. Буклей А.А., Ключев В.В., Паршин И.А. Новые досмотровые комплексы на основе регистрации обратно рассеянного рентгеновского излучения // Контроль. Диагностика. – 2014. – №12. – С. 15–18.
4. Детекторы ядерных излучений // Большая Советская Энциклопедия. Электронный ресурс. URL: <http://bse.sci-lib.com/article024498.html> (Дата обращения 17.03.2015).
5. Клименов В.А., Касьянов В.А., Лебедев М.Б и др. Современное состояние и перспективы создания конкурентоспособных на мировом рынке систем цифровой радиографии (СЦР) // Контроль. Диагностика. – 2011. – Спец. вып. – С. 25–29.
6. Rebuffel V., Dinten J.M. Dual-energy X-ray imaging: benefits and limits // Insight-Non-Destructive Testing and Condition Monitoring. – 2007. – Vol.49. – № 10. – P. 589–594.
7. Чахлов С.В., Усачев Е.Ю., Щетинкин С.М. Использование метода двухэнергетической цифровой радиографии для портативных рентгеновских систем // Контроль. Диагностика. – 2006. – №2. – С. 49–52.
8. Сидуленко О.А., Касьянов В.А., Касьянов С.В., Осипов С.П. Исследование возможности применения малогабаритных бетатронов для идентификации

- веществ объектов контроля методом дуальных энергий // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 8. – С. 46–52.
9. Liu Y., Sowerby B.D., Tickner J.R. Comparison of neutron and high-energy X-ray dual-beam radiography for air cargo inspection // Applied Radiation and Isotopes. – 2008. – Vol. 66. – No. 4. – P. 463–473.
  10. Осипов С.П., Темник А.К., Чахлов С.В. Влияние физических факторов на качество идентификации веществ объектов контроля высокоэнергетическим методом дуальных энергий // Дефектоскопия. – 2014. – № 8. – С. 70–77.
  11. Горшков В.А. Особенности двухэнергетической рентгеновской плотнометрии многокомпонентных объектов // Контроль. Диагностика. – 2014. – № 10. – С. 25–30.
  12. Ключев В.В., Соснин Ф.Р., Ковалев А.В. и др. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / под ред. В. В. Ключева. 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 2003. – 656 с.

### **Автоматизированный комплекс для проведения триботехнических испытаний конструкционных материалов и смазочных сред**

Глиненко Е.В., Пустозёров К.Л.  
[evg8@tpu.ru](mailto:evg8@tpu.ru)

*Научный руководитель: к.т.н., зав. каф. С.Е. Буханченко, каф. АРМ,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050*

На сегодняшний день проблема трения и износа в различных машинах и механизмах является не разрешенной до конца. Одной из тенденций решения данной проблемы является стремление повысить эффективность и надежность машин. Оценка таких показателей как эффективность и надежность, в свою очередь осуществляется, в основном, путем практических испытаний. Именно с этой целью создан автоматизированный комплекс для триботехнических испытаний конструкционных материалов и смазочных сред.

В работе данного комплекса особое внимание уделено трем основным факторам (давление, скорость скольжения и температура), поскольку именно их наличие приводит к фрикционному разогреву, который определяет условия контактирования трущихся поверхностей: уровень деформирования (упругое, пластическое, микрорезание) на отдельных участках поверхностей, определяющий площадь поверхности фактического контакта, прочность адгезионных связей, условия смазывания и др.